

時空間座標ベクトル量子化に基づく動画像圧縮システムの研究

著者	譽田 正宏
号	2463
発行年	1999
URL	http://hdl.handle.net/10097/7736

氏 名	こんだまさひろ
授 与 学 位	譽田 正宏 博士(工学)
学位授与年月日	平成 12 年 3 月 23 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 4 条第 1 項
研究科,専攻の名称	東北大学大学院工学研究科(博士過程)電子工学専攻
学 位 論 文 題 目	時空間座標ベクトル量子化に基づく動画像圧縮システムの研究
指 導 教 官	東北大学教授 大見忠弘
論 文 審 査 委 員	主査 東北大学教授 大見忠弘 東北大学教授 亀山充隆 東北大学教授 川又政征 東北大学助教授 小谷光司

論文内容要旨

現在の画像圧縮技術は、離散コサイン変換を用いて画像を周波数分解し、そこで得られる係数を用いて情報量の圧縮を行っているため、変換効率はよいが一度周波数分解するとその後画像そのものの特徴を生かした情報量圧縮が困難であると言われている。著者は、最初から周波数領域に変換するのではなく、直接波形変換を行えかつ圧縮データの復元が容易なベクトル量子化技術に注目し、高効率な動画像圧縮アルゴリズムと専用のハードウェア・ソフトウェアシステムを開発した。その第 1 は、これまで実現が困難であったベクトル量子化用圧縮ハードウェアを開発し、動画像をリアルタイムに圧縮処理することが可能となった。第 2 は、ISDN 回線などの超低ビット回線(~64Kbps)において、標準方式に比べ大きな画像サイズでリアルタイムに配信するための圧縮アルゴリズムを開発し、圧縮・伸長システムを実現した。本論文は、これらの研究成果を取りまとめたものであり、全文 6 章よりなる。

第 1 章は序論である。

第 2 章では、ベクトル量子化処理を用いた画面内(空間方向)の情報量圧縮だけでなく、時間軸方向の情報の冗長性を削減する手法・アルゴリズムについて述べている。空間方向のみの情報量圧縮だけでは高い圧縮効果が得られないため、時間軸方向第 2 の量子化を行い、空間方向のみのベクトル量子化に比べ 3.6 倍の圧縮率が得られることを明らかにした。また、リアルタイム動画像圧縮システムの構築のためにビデオキャプチャ部も含めた圧縮専用 PCI ボードを試作し、VGA サイズ(640×480 画素)の動画像をリアルタイム圧縮・伝送できるシステムを実現した。

第 3 章では、第 2 章で示した時間軸方向の冗長性削減手法に改良を加え、より高効率に情報の圧縮を行うアルゴリズムを実現した。さらに動きベクトル検出処理を新たに導入することにより換算圧縮率 150 分の 1 を実現し、ISDN 回線上(64Kbps)において QVGA サイズ(320×240 画素)の画像を秒間 5 フレームで音声も含めてリアルタイム送信することが可能となった。これは、インターネット上におけるストリーミング動画配信の分野で、現状の約 3 倍の画像サイズを取り扱うことができることを示している。

第 4 章では、第 3 章で示した低ビットレート用動画像圧縮アルゴリズムからさらに高機能化を実現するための方針について述べている。つまり、より高画質でかつ高圧縮率を得ることを目的とおり、動きベクトル検出処理だけではなく、その誤差をベクトル量子化と相性のよい手法により圧縮・送信することを提案している。今後のベクトル量子化を軸とした動画像圧縮アルゴリズムの研究の方向性を示している。

第 5 章は、基本素子として四端子デバイスを用いた場合のベクトル量子化プロセッサのコア回路について述べている。コードブックを記憶しておくメモリにアナログ EEPROM を使い、EEPROM からの読み出し時に必要な演算を行うことのできるアナログメモリと演算器を融合した回路構成を提案している。これにより、全体の回路規模を格段に小さくすることができる。

第 6 章は結論である。

以上要するに本論文は、画像・コードブックが持つ輝度値の特徴を生かすという思想に基づき、空間方向のみのベクトル量子化による画像圧縮にとどまらず、圧縮アルゴリズムを時間軸方向にも拡張し(第 2 の量子化、)超低ビットレートにおける動画像配信を行う手法と、リアルタイムに圧縮処理を行うハードウェアを実現したものである。

審査結果の要旨

現在の画像圧縮技術は、離散コサイン変換を用いて画像を空間周波数分解し、そこで得られる係数を用いて情報の圧縮を行っているため、変換効率はよいが一旦周波数分解すると画像そのものの特徴を生かした更なる情報圧縮が困難である。著者は、従来の周波数分解とは異なり、直接変換が可能でかつ圧縮データの復元が容易なベクトル量子化技術に着目し、高効率な動画像圧縮アルゴリズムと専用のハードウェア・ソフトウェアシステムを開発した。具体的には、これまで実現が困難であったベクトル量子化用圧縮ハードウェアを開発し、動画像の実時間圧縮処理を可能にした。さらに、ISDN 回線などの低ビットレート回線(～64Kbps)において、MPEG 等の標準的な方式に比べて高精細な動画像を実時間で配信することの可能な圧縮アルゴリズムを開発し、それを用いた圧縮・伸長システムを実現した。本論文は、これらの研究成果を取りまとめたものであり、全文6章よりなる。

第1章は序論である。

第2章では、ベクトル量子化処理による空間軸情報の圧縮とともに、時間軸方向の情報の冗長性を削減する手法・アルゴリズムについて述べている。時間的に変化の無い箇所は処理を行わず、前フレームの画像をそのまま用いることによって情報量を削減する手法である。時間軸方向に第2の量子化を適用したことに相当し、空間軸のみのベクトル量子化に比べ約3.6倍の圧縮率が得られることを明らかにした。また、リアルタイム動画像圧縮システムの構築のために、このアルゴリズムに基づいた画像圧縮専用 PCI ボードを試作し、VGA サイズ(640×480 画素)の動画像を実時間で圧縮・伝送可能なシステムを実現した。これは、実用上重要な成果である。

第3章では、第2章で示した時間軸方向の冗長性削減手法に改良を加え、より高品質な動画像圧縮を行うアルゴリズムを実現した。さらに動きベクトル検出処理を新たに導入することにより150分の1以上の換算圧縮率を実現した。これにより、ISDN 回線(64Kbps)においてQVGA サイズ(320×240 画素)の画像を秒間5フレームで音声も含めて実時間送信することを可能にした。これは、インターネット上におけるストリーミング動画配信において現状の約3倍の画像サイズを取り扱うことができることに相当し、実用上きわめて重要な成果である。

第4章では、第3章で示した低ビットレート用動画像圧縮アルゴリズムからさらに高機能化を実現するための方針について述べている。すなわち、より高画質でかつ高圧縮率を得ることを目的に、動きベクトル検出処理だけではなく、その誤差をベクトル量子化と相性のよい手法により圧縮・送信することを提案している。今後のベクトル量子化を軸とした動画像圧縮アルゴリズムの進むべき方向を示している。

第5章は、基本素子として四端子デバイスを用いたベクトル量子化プロセッサのコア回路について述べている。コードブックを記憶するメモリとしてのアナログ EEPROM と、ベクトル量子化処理に必要な差分絶対値演算を行う演算器を融合した回路を、四端子デバイス技術を用いて構成している。これにより、全体の回路規模を1/4以下に小さくすることができることを明らかにしている。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、画像・コードブックが持つ輝度値の特徴を生かすという思想に基づき、空間軸方向のみのベクトル量子化による画像圧縮にとどまらず、圧縮アルゴリズムを時間軸方向にも拡張し、超低ビットレートにおける動画像配信を行う手法と、リアルタイムに圧縮処理を行うハードウェアを実現したもので、半導体電子工学並びに情報処理工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。